ГУАП

Кафедра № 31

Отчет

Защищен с оценкой ОТЛ

Преподаватель

доцент, к.ф-м.н. — подпись, дата 07.03.2018 — А.Н. Холодилов

должность, уч. степень, звание | подпись, дата | инициалы, фамилия

Отчет о лабораторной работе

Определение удельного заряда электрона.

по курсу: Физика

Работу выполнил

студент гр. № 3612кс — подпись, дата 07.03.18 — В.В. Ескулкова

подпись, дата | инициалы, фамилия

Санкт-Петербург, 2018г.

Протокол

Лабораторная работа № 10

Определение удельного заряда электрона

студентка гр. 3612кс Есаулкова В.В.

преподаватель Холодилов А.Н.

Параметры установки.

Название	Тип	Ц. д.	Погрешность	Предел измерения	Класс точности
Амперметр	М1001М	0.1 А	0.45 А	3 А	0 - 1,5
Вольтметр	М42301	0,5 V	0,2 V	15 V	1.5
Комбинир.-цифровой.	Щ4313	0,01	0.6 мА	20 мА	3

$U_a \Rightarrow V_3$
$U_c \Rightarrow V_2$

r_a = 6 мм N число витков с. - 2006 витков
r_k = 0.3 мм l длина намотки с. - 167 мм
ср. размер намотки - 62 мм.

Результат измерений.

U_a = 50		U_a = 75		U_a = 100	
I_c, А	I_a, мА	I_c, А	I_a, мА	I_c, А	I_a, мА
0.6	2.64	0.6	4,04	0.6	5,6
0,58	2.58	0.58	3,94	0.58	5,52
0.58	2.6	0.58	4	0.58	5,6
0.6	2,63	0.6	4,1	0.6	5,7
0.6	2,59	0.6	4,05	0.6	5,6

21.02.18
Холодилов А.Н.

21.02.18

Цель работы

Определить удельный заряд электрона с помощью магнетрона.

Описание лабораторной установки.

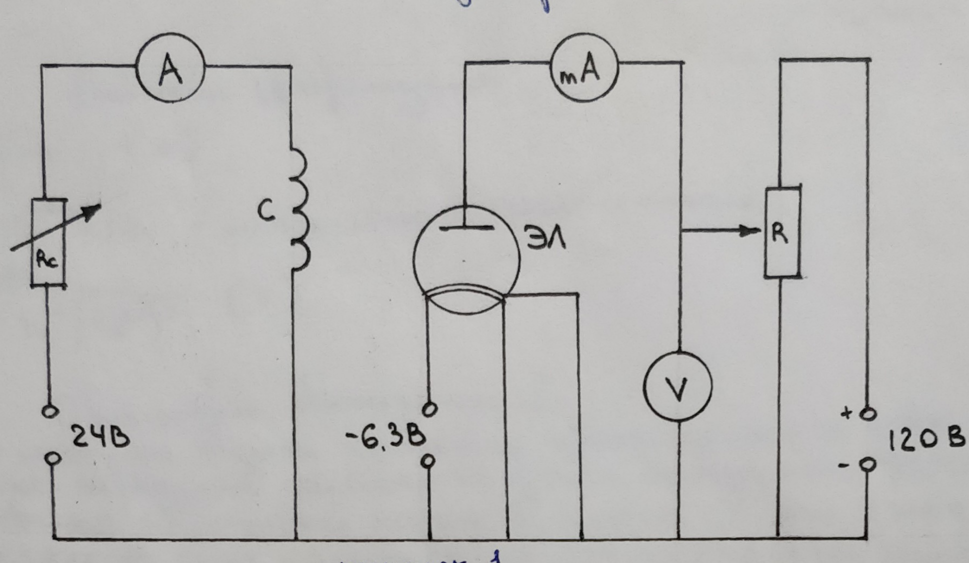


рисунок 1.

На рисунке 1 приведена электрическая схема лабораторной установки, где: ЭЛ - электронная лампа, С - соленоид; анодное напряжение устанавливается с помощью реостата R и контролируется вольтметром V; анодный ток измеряется миллиамперметром мА. Ток в соленоиде изменяется с помощью переменного сопротивления Rc и измеряется амперметром А.

Параметры намотки соленоида:
число витков N = 2006;
длина L = 167 мм;
диаметр D = 62 мм.

Параметры электродов лампы:
радиус анода r_a = 6 мм;
радиус катода $r_к$ = 0,3 мм.

Результаты измерений.

U_a = 50В		U_a = 75В		U_a = 100В	
I_c, A	I_a, mA	I_c, A	I_a, mA	I_c, A	I_a, mA
0.6	2.6	0,6	4	0.6	5.6
0.9	1,25	0,9	3.65	0,9	5.56
1.2	0,04	1.2	1	1.2	4
1.4	0,02	1.4	0,07	1.4	0.73
1.8	0	1,8	0,02	1,8	0,05
2.4	0	2.4	0	2.4	0

таблица 1.

U_a, В	$I_{кр}$, мА	$B_{кр}$, нТл	e/m
50	1,3	18,38	$0,033 \cdot 10^{-18}$
75	2,04	28,85	$0,02 \cdot 10^{-18}$
100	2,9	41,01	$0,011 \cdot 10^{-18}$

таблица 2.

Рабочие формулы

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}} \cdot I_{кр} \quad (1),$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Тн/м – магнитная постоянная.

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_{кр}^2 r_a^2 (1 - r_k^2/r_a^2)^2} \quad (2).$$

Примеры вычислений.

При расчетах можно взять значение критического тока $I_{кр}$, соответствующее середине самого крутого спада или точке перегиба графика сбросовой характеристики. Это значение будет критическим для наибольшего количества электронов.

$I_{кр_1} = 1,3$ мА.

$I_{кр_2} = 2,04$ мА.

$I_{кр_3} = 2.9$ мА.

Тогда по формуле 1:

$$B_{кр_1} = \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}} I_{кр_1} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2006}{\sqrt{167^2 + 62^2}} \cdot 13 \cdot 10^{-4} = 18,38 \text{ нТл}.$$

$B_{кр_2} = 28,85$ нТл.

$B_{кр_3} = 41,01$ нТл.

По формуле 2:

$$e/m_1 = \frac{8U_{a_1}}{B_{кр_1}^2 r_a^2 \left(1 - \frac{r_k^2}{r_a^2}\right)} = \frac{8 \cdot 50}{(18,38 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 36 \cdot \left(1 - \frac{0,09}{36}\right)} = \frac{8 \cdot 50}{337 \cdot 10^{-18} \cdot 36 \cdot 0,9975} = 0,033 \cdot 10^{+18}$$

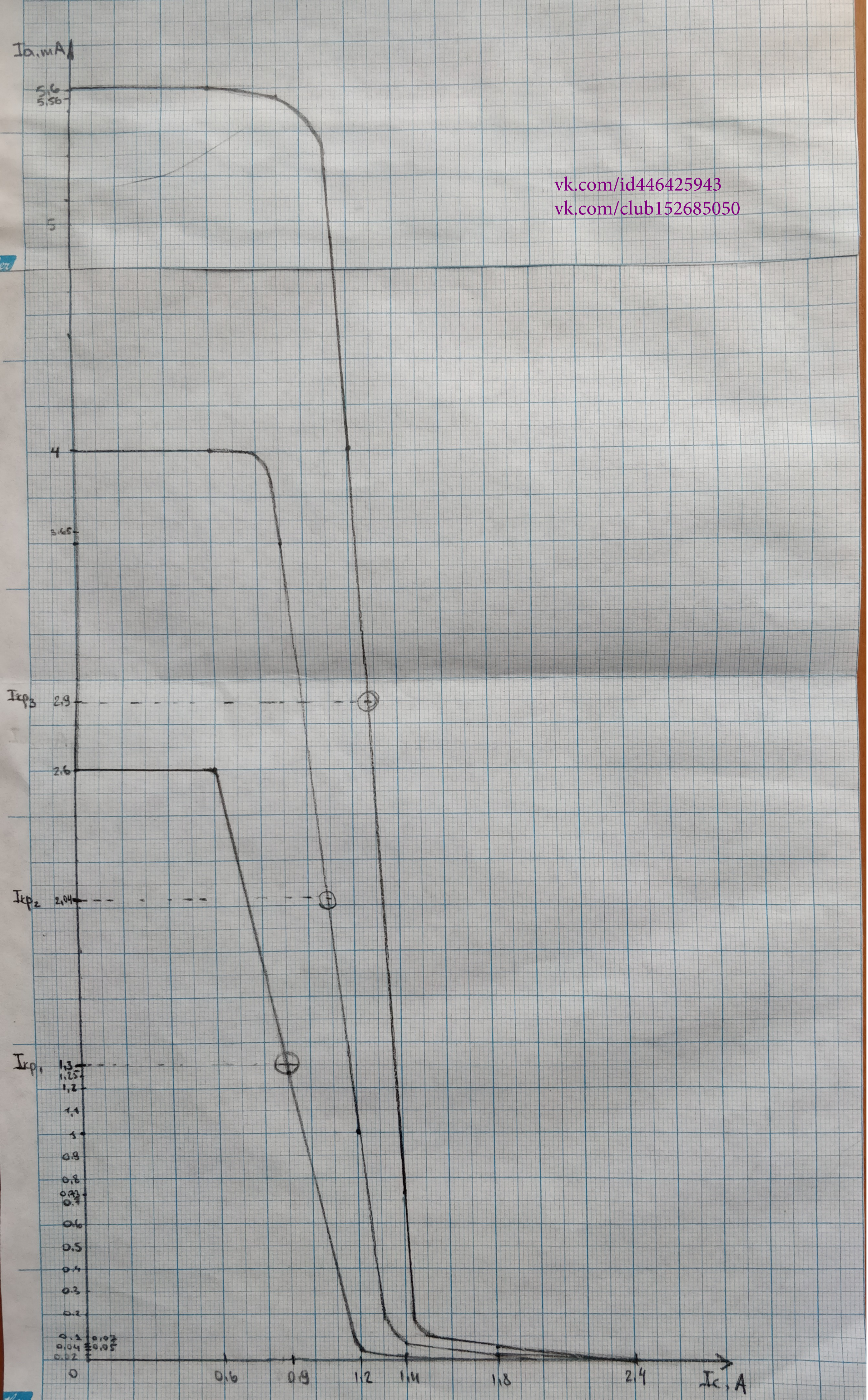
$$\frac{e_2}{m_2} = 0,02 \cdot 10^{+18}$$

$$\frac{e_3}{m_3} = 0,011 \cdot 10^{+18}$$

$$\frac{e}{m}_{ср} = \frac{\frac{e_1}{m_1} + \frac{e_2}{m_2} + \frac{e_3}{m_3}}{3} = \frac{(0,033 + 0,02 + 0,11) \cdot 10^{+18}}{3} = \frac{0,064 \cdot 10^{+18}}{3} = 0,021 \cdot 10^{+18} \frac{Кл}{Кг}$$

Выводы

Во время лабораторной работы был определен заряд электрона, численно равный $0,021 \cdot 10^{18}$ Кл/кг.



Ia, mA
5,6
5,56
5
4
3,65
Iкр3
2,9
2,6
Iкр2
2,04
Iкр1
1,3
1,25
1,2
1,1
1
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,04
0,02
0
0,6
0,9
1,2
1,4
1,8
2,4
Ic, A
vk.com/id446425943
vk.com/club152685050



ОТВЕТЫ --->>СКАЧАТЬ https://archive.org/details/@guap4736_vkclub152685050

Имя

Индивидуальное задание
ЛР исследование гистерезиса ферромагнитных материалов
ЛР определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля зе...
ЛР определение удельного заряда электрона
ЛР определение электроемкости конденсатора
ЛР процессы установления тока при разрядке и зарядке конденсаторов
Методички
тест LMS 1
Экзамен
Бипризма Френеля 1
Кольца Ньютона 1
КОНТАКТЫ
Литвинова Надежда Николаевна
ЛР исследование магнитного поля соленоида
ЛР кольца Ньютона
ЛР Проверка законов теплового излучения
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 1
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 2
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 3
Определение горизонтальнойсоставляющей напряженности магнитного поля земли 4
Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
Определение периода релаксационных колебаний при помощи электронного осцил...
Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...
Определение электроемкости конденсатора с помощью баллистического гальваном...

ОТВЕТЫ -->>СКАЧАТЬ https://yadi.sk/d/PgjdK_eMGWoIJQ

Лабораторная работа № 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЭЛЕКТРОНА

Цель работы: определить удельный заряд электрона с помощью магнетрона.

Теоретические сведения

Траектория и другие характеристики движения заряженной частицы в электрическом и магнитном полях определяются конфигурацией этих полей, ориентацией вектора скорости и отношением заряда частицы к ее массе (*удельным зарядом*).

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила, которую называют *магнитной*:

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v}\times\mathbf{B},$$

где q – заряд частицы; $\mathbf{v}$ – её скорость; $\mathbf{B}$ – индукция магнитного поля.

Направлена эта сила перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы $\mathbf{v}$ и $\mathbf{B}$. Модуль магнитной силы

$$F = qvB\sin\alpha,$$

где α – угол между векторами $\mathbf{v}$ и $\mathbf{B}$.

Если имеются одновременно электрическое и магнитное поля, то сила, действующая на заряженную частицу, называется *силой Лоренца* и определяется как

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E}+\mathbf{v}\times\mathbf{B}),$$

где $\mathbf{E}$ – напряженность электрического поля.

Метод измерений

Существуют различные методы определения удельного заряда электрона e/m (e – абсолютная величина заряда электрона, m – его масса), в основе которых лежат законы движения электрона в электрическом и магнитном полях. Один из них – *метод магнетрона* (конфигурация полей в нем напоминает конфигурацию полей в магнетронах – генераторах электромагнитных колебаний сверхвысоких частот).

Метод магнетрона состоит в следующем. Электронная лампа с двумя цилиндрическими коаксиальными электродами помещается

vk.com/id446425943
vk.com/club152685050

внутри соленоида с той же осью. При разности потенциалов между электродами возникает электрическое поле. При пропускании тока в соленоиде создается магнитное поле. Электроны эмитируются нагретым катодом (внутренним электродом).

Если тока в соленоиде нет, электроны движутся радиально к аноду (внешнему электроду). Устанавливается анодный ток.

При токе в соленоиде на электроны начинает действовать магнитная сила, под действием которой их траектории искривляются. При увеличении тока в соленоиде электроны перестают достигать анода. Анодный ток падает.

Рассмотрим подробнее движение электрона во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях. Электрическое поле направлено радиально к оси магнетрона, магнитное поле – вдоль этой оси.

Введем цилиндрическую систему координат, в которой положение электрона определяется расстоянием r от оси, полярным углом φ в плоскости, перпендикулярной оси, и координатой z вдоль оси. Движение электрона в двухэлектродной лампе в магнитном поле соленоида показано на рис. 1.

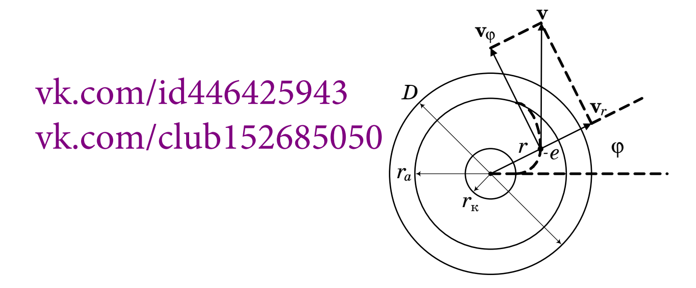


Рис. 1

Движение электрона описывается уравнением моментов

$$\frac{d\mathbf{L}}{dt} = \mathbf{M}. \qquad (1)$$

Момент импульса L_z электрона относительно оси z на расстоянии r от неё

$$L_z = mv_\varphi r,$$

где v_φ – составляющая скорости, перпендикулярная радиусу и оси.

Компонента M_z момента сил, действующих на электрон

$$M_z = rev_rB,$$

где

$$v_r = \frac{dr}{dt} \ -$$

радиальная составляющая скорости электрона.

Проектируем (1) на ось z

$$\frac{d(mv_\varphi r)}{dt} = rev_r B = eBr\frac{dr}{dt} = \frac{1}{2}eB\frac{dr^2}{dt}$$

и интегрируем

$$mv_\varphi r = (1/2)eBr^2 + \text{const} .$$

Начальная скорость электрона, вылетевшего из катода, определяется температурой катода. Если эта скорость много меньше скорости, приобретаемой электроном при движении в электрическом поле лампы, ею можно пренебречь.

Константу найдем из начальных условий:

$$v_\varphi = 0$$

при

$$r = r_к \ (r_к \text{ – радиус катода}).$$

Тогда

$$\text{const} = -(1/2)eBr_к^2$$

и

$$v_\varphi = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{B}{r}(r^2 - r_к^2). \qquad (2)$$

Кинетическая энергия электрона будет равна работе сил электрического поля

$$\frac{m(v_r^2 + v_\varphi^2)}{2} = eU, \qquad (3)$$

где U – потенциал относительно катода точки поля, в которой находится электрон.

Подставляя в (3) значение v_φ из (2), получаем

$$eU = \frac{m}{2}\left(v_r^2 + \frac{1}{4}\left(\frac{e}{m}\right)^2\frac{B^2}{r^2}\left(r^2 - r_к^2\right)\right). \qquad (4)$$

Вблизи анода $r = r_a$ (r_a – радиус анода) и $U = U_a$ (U_a – анодное напряжение). Для каждого значения анодного напряжения U_a при некотором значении магнитной индукции $B = B_{кр}$, которое называют *критическим*, скорость электрона вблизи анода станет перпендикулярной радиусу ($v_r = 0$). Тогда уравнение (4) примет вид

$$eU_a = \frac{m}{8}\left(\frac{e}{m}\right)^2 \frac{B_{кр}^2}{r_a^2}\left(r_a^2 - r_к^2\right).$$

Отсюда находим выражение для удельного заряда электрона

$$\frac{e}{m} = \frac{8U_a}{B_{кр}^2 r_a^2 \left(1 - r_к^2 / r_a^2\right)^2}. \qquad (5)$$

Таким образом, если задано $U_а$ и известно $B_{кр}$, можно определить e/m.

Индукция B пропорциональна току в соленоиде $I_с$. На рис. 2 показана экспериментальная зависимость анодного тока $I_а$ от тока в соленоиде $I_с$ (*сбросовая характеристика*).

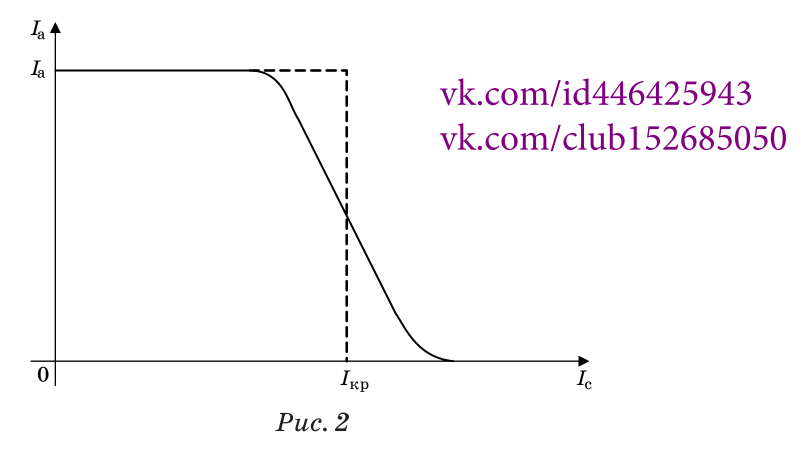


Рис. 2

Если бы у всех электронов параметры движения были бы одни и те же, зависимость анодного тока от тока в соленоиде имела бы вид, показанный пунктирной линией. В этом случае при $I_с < I_{кр}$ все электроны, испускаемые катодом, достигали бы анода, а при $I_с > I_{кр}$ ни один электрон не попадал бы на анод.

Однако невозможно для всех электронов создать одинаковые условия движения. В эксперименте у электронов могут быть раз-

личные $B_{кр}$ и $I_{кр}$. В результате у тока соленоида $I_с$ существует «переходная» область значений, при которых одна часть электронов достигает анода, а другая часть – нет. При этом по мере возрастания тока $I_с$ анодный ток $I_а$ уменьшается.

При расчетах можно взять значение критического тока $I_{кр}$, соответствующее середине самого крутого участка спада или точке перегиба графика сбросовой характеристики. Это значение будет критическим для наибольшего количества электронов.

В центральной части соленоида магнитное поле можно считать однородным и магнитную индукцию рассчитывать как для центральной точки. Тогда

$$B_{кр} = \frac{\mu_0 N}{\sqrt{L^2 + D^2}} I_{кр}, \qquad (6)$$

где N – число витков в соленоиде; L – его длина; D – диаметр; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Лабораторная установка

Электрическая схема установки изображена на рис. 3.

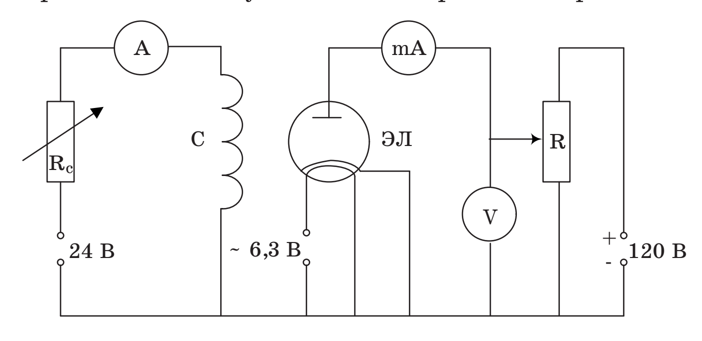


Рис. 3

На рисунке: ЭЛ – электронная лампа; С – соленоид; анодное напряжение устанавливается с помощью реостата R и контролируется вольтметром V; анодный ток измеряется миллиамперметром мА. Ток в соленоиде изменяется с помощью переменного сопротивления $R_с$ и измеряется амперметром А.

Параметры намотки соленоида:
число витков $N = 2006$;
длина $L = 167$ мм;

диаметр D = 62 мм.

Параметры электродов лампы:

радиус анода $r_а$ = 6 мм;

радиус катода $r_к$ = 0,3 мм.

Порядок выполнения работы

1. Установить анодное напряжение $U_а$ = 50 В и занести в табл. 1 и 2.

2. Изменяя ток в соленоиде $I_с$ от минимального (начального) значения до максимального через 0,1 А, снять сбросовую характеристику (зависимость анодного тока $I_а$ от $I_с$). Результаты измерений занести в табл. 1.

3. Повторить пп. 2 и 3 при двух других значениях U_a (>50 В).

4. Для каждого значения $U_а$ построить график сбросовой характеристики $I_а(I_с)$, по графику определить критическое значение $I_{кр}$ и занести в табл. 2.

5. Для каждого значения $I_{кр}$ рассчитать по формуле (6) критическое значение магнитной индукции $B_{кр}$.

6. Для каждой пары $U_а$ и $B_{кр}$ вычислить по формуле (5) величину удельного заряда электрона e/m и определить среднее значение.

7. Оценить погрешность полученной величины e/m.

Таблица 1

$U_а$ = 50 В		$U_а$ = В		$U_а$ = В	
$I_с$	$I_а$	$I_с$	$I_а$	$I_с$	$I_а$

Таблица 2

$U_а$	$I_{кр}$	$B_{кр}$	e/m

vk.com/id446425943
vk.com/club152685050

Контрольные вопросы

1. Какие силы действуют на электроны, движущиеся в электрическом и магнитном полях? Как они направлены?

2. В чём суть метода магнетрона для определения отношения e/m?

3. Что такое критическая индукция и как ее определить?

4. Влияет ли на величину $B_{кр}$ изменение направления тока в соленоиде на противоположное?

5. Зависит ли величина e/m от величины анодного напряжения?